

## Bevezető

Az elmúlt években, az asztrofizikában és a csillagászatban forradalminak mondható változások álltak be. Ennek elsődleges kiváltója a technológia rohamos fejlődése. Az optikai észlelések terén például az egyre hatékonyabb és olcsóbban előállítható CCD chipek következtében az eddigi hosszadalmas és lassan kiértékelhető észleléseket olyan automatikus rendszerek váltották fel, mint például a Sloan Digital Sky Survey (SDSS). Ebben a projektben a folyamatosan, automatizáltan zajló észlelések és adatfeldolgozás eredményeként a lemerített paraméterekkel rendelkező objektumok száma százmilliós nagyságrendű, kezelésük új technológiát igényel. A pályázat elsősorban ilyen technológiák fejlesztésével és alkalmazásával foglalkozott.

A kozmológiai paraméterek mérésének, a lehetséges modellek közül a valódi kiválasztásának egyik módszere a galaxisok nagyskálás eloszlásának vizsgálata. Ehhez a vizsgálathoz egy minél nagyobb statisztikai minta kell, amelyben a galaxisok mind három koordinátáját ismerjük. A galaxisok tőlünk való távolságának megmérése közvetlenül nem lehetséges. Igazából csak a galaxisok tőlünk való távolodásának mértékét tudjuk mérni a spektrumok vöröseltolódásával. A távolodás mértéke aztán a Hubble törvényen keresztül megadja a távolságot. Sajnos a vöröseltolódás mérése is nagyon időigényes. Az SDSS pl. bár az idő 80%-át spektroszkópiai észlelésekre fordítja, mégis csak a maradék 20% időben fotometriailag észlelt objektumok csupán 1%-nak méri meg a távolságát. Évekkel ezelőtt mi kezdtünk el először kifejleszteni egy olyan módszert, amely lehetővé teszi a vöröseltolódás becslését fotometriai adatokból. A pályázat keretében a módszer továbbfejlesztésén dolgoztunk, ami lehetővé tette, hogy a vöröseltolódás egyre pontosabb becslésén kívül, a spektrális modellekkel való összevetés segítségével a galaxisok fizikai paramétereit (luminozitás, spektrális típus, kor, csillagkeletkezési ráta, stb.) is meghatározzuk. A kidolgozott algoritmusokhoz elkészítettük a szétszételt gépeken futó implementációt, amely beépülve az SDSS többi feldolgozó algoritmusai közé, a hivatalos éves adatkiadásaihoz elkészítette az összesen több mint 300 millió objektumból álló fotometriai vöröseltolódás katalógust.

A fotometrikus vöröseltolódás becslés felhasználásával MgII abszorberek távolságát határoztuk meg spektroszkópiai észlelések nélkül, valamint LRG-MgII korrelációs függvényeket, és halo tömeget becsültünk. Kimutattuk, hogy az MgII felhők nem virializálódnak, melyből sejtéseket lehet felállítani keletkezésük körülményeire.

A bevezetőben említették azt is maguk után vonják, hogy a keletkező észlelési adatok mennyisége – stílusosan szólva, - csillagászati lesz. Ezen hatalmas adatmennyiség hatékony keresésére nem képzelhető el a hagyományos módon. Bár a hardver kapacitása próbálja felvenni a versenyt a növekedés ütemével, a nagyméretű, komplex tudományos adatbázisok hatékony kezelése még messze nem megoldott probléma. A feladat kicsit hasonló ahhoz, mint amikor a részecskefizikai modelleknél a fizikusoknak pl. csoportelméleti vagy topológiai tételeket kell felfedezniük: itt a számítástudomány területén kell új eszközöket feltérképezni, tervezni. A pályázat keretében, számos

aspektusában továbbfejlesztettük az SDSS adatbázis programját, új, hatékonyabb eljárásokat és indexeléseket fejlesztettünk ki.

Egy még átfogóbb nagyszabású kezdeményezésnek a Virtual Observatory-nak célkitűzése annak a technológiának a létrehozása, amely az SDSS-hez hasonló skálájú, különböző rendszerben kiépített, különböző architektúrán implementált adatbázisokat tudja összekapcsolni. Büszkén mondhatjuk, hogy a valójában működő eszközök (Spectrum and Filter Services, Footprint Services, SkyServer, CasJobs, SDSS WorldWind) jelentős hányada elsősorban a pályázatban résztvevő kollégák munkájának eredménye.

A pályázat lehetővé tette számos tehetséges diák bekapcsolódását a nemzetközi kutatásokba, mely több diploma- és PhD munka alapját képezte és hozzájárult a témavezető MTA doktori disszertációjának elkészítéséhez, valamint a pályázatban elért eredményekre alapozva, hazai és európai alapkutatói és kutatás-fejlesztési pályázatok elnyeréséhez.

## **Fotometrikus vöröseltolódás becslés továbbfejlesztése**

A fotometrikus vöröseltolódás becslő módszer egyik fő kihívása az, hogy a becsléshez használt spektrum minták minél jobban illeszkedjenek a mért fotometriához. Ezt részben észlelt, részben pedig szimulált spektrumok segítségével tehetjük meg. Ez utóbbiak előnye, hogy általuk a galaxisok minden fontos fizikai paramétere is meghatározhatóvá válik. A módszer továbbfejlesztése kapcsán felvettük a kapcsolatot Luigi Granato-val aki a GRASIL kód fejlesztője és Stephane Charlot-val, aki az egyik legáltalánosabban elfogadott, az ún. Bruzual-Charlot spektrális szintézis modelleket fejleszti. A GRASIL a kód sokkal pontosabban szimulálja a galaxisban lévő por hatását, ami ugyan sokat javíthat a spektrumok pontosságán, de a paraméterek tere reménytelenül nagy, nagyon sok nem fizikai spektrum hozható létre, így végül a másik szimulációs módszert használtuk fel. Kifejlesztettünk egy, a Bruzual-Charlot szimuláción alapuló webszolgáltatást [7,17], amely lehetővé teszi, hogy a szerveren futó kódot saját fotometrikus vöröseltolódás-becslő kódunkból meghívjuk. Telepítettünk egy, a Bruzual-Charlot kód segítségével legenerált szoftver 100 000 különböző evolúciós történetű galaxis spektrumát tartalmazó katalógust, mely alapját adta a jóslásnál használt mintaspektrumoknak. Elvégeztük rajta a spektrális tér elemzését [34] és összevetettük, hogy a kontinuum tulajdonságok és a keskeny spektrumvonalak erőssége mennyire korrelál [39] valamint, hogy a galaxisokban található por mennyisége és tulajdonságai hogyan jelentkeznek a spektrális paraméterekben [20]. Kidolgoztunk egy olyan eljárást ami a k-d fa indexelési technika segítségével a szimulált és észlelt spektrumok valamint a színszűrő görbék konvolúciójával kialakított szintetikus fotometriai referencia halmaz és az észlelt fotometria összevetését lehetővé teszi, felgyorsítva és pontosítva a becslést [29].

A fényes elliptikus galaxisok (Luminous Red Galaxies, LRG) csillagpopulációja többnyire öreg csillagokból áll, amelyek spektruma csak igen lassan változik. Ezért a 2

gigaévnél idősebb elliptikus galaxisok spektrumai nagyon hasonlítanak egymásra. Már régebben megállapítottuk, hogy a galaxisoknak ez az osztálya az optikai spektrumuk alapján különösen alkalmas a fotometriai vöröseltolódások vizsgálatára. Megállapítottuk azonban azt is, hogy enyhe eltérések azért kimutathatóak mind a fotometriában mind pedig a spektrumokban, ha különböző távolságokon lévő LRG-ket vizsgálunk. Kifejlesztettünk egy módszert, amely az észleléseket összevetve a szintetikus spektrumokkal, illetve az azokból számolt magnitúdókkal, becslést ad a galaxis korára. Az elvárásokkal (amelyik galaxis távolabb van az statisztikai átlagban fiatalabb, mivel időbe telik, hogy a fénye ideérjen) egybevágóan vizsgálatainkból látszik, hogy a távolabbi LRG populáció fiatalabb. A vizsgálatokhoz az észlelt spektrumok kompozitjának elkészítéséhez már felhasználtuk a Spektrum Webszolgáltatás lehetőségeit. A munka eredményeit Koronczay Dávid diplomamunkája [33] foglalja össze. Folytatásként a módszer további kalibrálásával szeretnénk elérni a galaxisok korának pontosabb meghatározását, amely look-back time-ként értelmezve kozmológiai becslésekhez lehetne használható.

A Johns Hopkins Egyetem kutatóival együttműködve mélyebben is tanulmányoztuk a fényes elliptikus galaxisok (LRG) fotometrikus vöröseltolódásának kalibrációját. Részletesen megvizsgáltuk az ilyen típusú objektumok fotometriai kiválasztásának módszerét, valamint azt, hogy a becsült fotometrikus vöröseltolódásokból számított eloszlásokat hogyan lehet korrigálni, hogy a módszer torzításait kiküszöböljük és a valóságnak jobban megfelelő eredményeket kapjunk. Keresztkalibrációt végeztünk az SDSS és 2DF katalógusai között, és megállapítottuk, hogy a hibák fő forrása nem annyira a módszerben, hanem a bemenő fotometrikus adatok hibáiban, valamint a színszűrő-görbék pontatlan ismeretében keresendő [8].

A fotometrikus vöröseltolódás becslését segítő, a Sloan Digital Sky Survey spektroszkopikus észleléséhez kiválasztottunk olyan speciális célpontokat, amelyek a magnitúdó tér olyan szegmensében lévő galaxisokhoz gyűjtenek vöröseltolódás információt, ami eddig nem állt rendelkezésre. A több ezer galaxis észlelése sikeresen megtörtént, az eredményeket a vöröseltolódás becslőnk kalibrálásban felhasználtuk, és az SDSS DR4 cikkben leírtuk [10].

## **A Sloan Digital Sky Survey éves adatkiadásaihoz a fotometrikus vöröseltolódás katalógus elkészítése**

Az SDSS új adatkiadásához kapcsolódóan csatlakoztunk a Robert Grossmann (University of Illinois, Chicago) által kezdeményezett Teraflow rendszerhez (<http://www.teraflowtestbed.net/>), mely új hálózati transzfer protokollok használatával lehetővé teszi, hogy terabájtos méretű tudományos adatbázisokat áttöltsünk, mely önmagában egy intenzíven kutatott kihívás. A rendszer segítségével sikerült évente áttölteni összesen több mint 10 terabájtnyi katalógust, hazai mirror szervereket felállítani, melyek a fotometrikus vöröseltolódás katalógusok elkészítéséhez elengedhetetlenek voltak [21]. Itt mutatunk rá, hogy ennek kacsán olyan, az extragalaktikus csillagászatra

ortogonális kutatásokba is bekapcsolódtunk, mint például gyors számítógépes hálózati protokollok fejlesztése.

Az újrakalibrált fotometrikus vöröseltolódás-becslő kódunk elkészítettük párhuzamosan is futtatható verzióját, így egy 28 processzoros gépen évről-évre sikerült elkészíteni az SDSS DR4, DR5 és DR6 teljes fotometriai katalógusához (több mint 300 millió objektum) a fotometrikus vöröseltolódás becslést, valamint kiszámoltuk az abszolút magnitúdókat, K-korrekciókat, távolsági modulust [10,19,22].

Felkészülve a közeljövő nagyságrendekkel nagyobb térképezéseire (pl. Pan-Starrs, LSST) megkezdtuk a még inkább szétesztható, a SETI@home-hoz hasonló verzió elkészítését is, Dobos László, aki diplomamunkáját a pályázat keretében készítette el, jelenleg pár hónapot a Johns Hopkins Egyetemen tölt és dolgozik a módszer továbbfejlesztésén.

## **MgII-elnyelők távolságának kalibrálása és egyéb kozmológiai alkalmazások**

A kvazárok a legtávolabbi objektumok, amelyekről nagy mennyiségben észleléseket tudunk végezni a spektrum látható tartományában, s számos kozmológiai vizsgálat végezhető el segítségükkel. Ez a magyarázata többek között annak, hogy az SDSS miért gyűjti be közel 100,000 kvazár spektrumát. A kvazárok spektruma azonban nem csak az őket kibocsátó objektumok, és általuk az Univerzum legtávolabbi tartományainak vizsgálatára alkalmasak. A kvazárok fénye ugyanis a hosszú út során különböző elnyeléseket szenved. Ennek legismertebb példája az ún. Lyman- $\alpha$  erdő („Lyman alpha forest”) amely a semleges hidrogénfelhők elnyelődésének nyoma a spektrumban. Ezen kívül más elemek elnyelési vonalai is azonosíthatóak. Ezek közül is különösen érdekesek az ún. MgII elnyelők. A magnézium két, 2796 illetve 2803 Angströmnél jelentkező vonal-párja azért nagyon alkalmas a vizsgálatra, mert ez a hullámhossz tartomány pont a galaxisfejlődés szempontjából érdekes 0.3 és 2.2 közötti vöröseltolódásokon csúszik be az optikai tartományba. A feltételezés ugyanis az, hogy a MgII elnyelést a kvazár útjába eső galaxisok kiterjedt halo-jában lévő gázfelhők okozzák, a vonalak pozíciójából pedig az elnyelő távolsága (vöröseltolódása) meghatározható.

A fotometrikus vöröseltolódások mint jól tudjuk, nem precízek annyira, mint a spektroszkópiaiak, viszont kiválóan alkalmasak arra, hogy egy vöröseltolódás tartományban objektumokat válasszunk ki. Nicolas Boucheval együttműködve 1800 MgII kvazár abszorpciós rendszert választottunk ki, és az irányukba eső mintegy ~100 000, a Sloan Digital Sky Survey területére eső fényes vörös galaxis fotometrikus vöröseltolódását határoztuk meg [23]. A fotometrikus vöröseltolódások lehetővé tették, hogy spektroszkópiai észlelések nélkül megbízhatóan számolhassunk LRG-MgII korrelációs függvényeket, és halo tömeget becsüljünk [5,12]. Kimutattuk, hogy az MgII felhők nem virializálódnak, melyből sejteket lehet felállítani keletkezésük körülményeire [11].

Az Univerzum nagyskálás szerkezetének vizsgálata során egy másik lehetséges alkalmazási területtel is felvettük a kapcsolatot, amelyben galaxis-klaszterek körüli Sunyaev-Zeldovics effektus tanulmányozásával lehetne a nagyskálás struktúráképződéssel járó lökéshullámokat közvetve kimutatni. A téma elvi lehetőségének vizsgálata mellett megvizsgáltuk, hogy a megfelelő célpontok kiválasztásánál hogyan segíthetnének a fotometrikus vöröseltolódások [4,38]. A gravitációs lökéshullámok tanulmányozását folytatva Zoltán Haiman, Kristen Menou (Columbia Egyetem, New York) bevonásával először a gravitációs hullámok forrásainak optikai tartományban történő megfigyelésére [16,37], majd a feketelyuk-összeolvadások előrejelzésére adtunk stratégiát [31,36]. Ez utóbbi eredményt a LISA gravitációs űrobszervatórium tervezésénél is figyelembe veszik (LISA Science Requirements Document, LISA International Science Team, Sec. 4.6, 2007 January).

## **Virtuális Obszervatórium technológiák fejlesztése**

A pályázat során a Nemzetközi Virtuális Obszervatórium Szövetségbe (IVOA) mind hivatalosan (Hungarian Virtual Observatory), mind pedig effektív munkával bekapcsolódtunk [3].

A Virtuális Obszervatórium számára kifejlesztettünk egy úgynevezett Spectrum Service-t és Filter Service-t [1,17,18,27,33], mely szinte teljes egészében, a pályázat keretében diplomamunkáján dolgozó, Dobos László munkája. A rendszer lehetővé teszi a spektrumok hatékony rendezését, keresését és távoli elérését. Az észlelés során nyert galaxis-katalógusok betöltése mellett (SDSS, 2DF) kialakítottuk szimulált katalógusok, mint pl. a már említett Bruzual-Charlot spektrumok webszolgáltatásos elérését, valamint betöltésre került a BaSeL standard csillagspektrum könyvtár is. A szolgáltatások köre a pályázat során jelentősen bővült, így például sokat fejlődött a MySpectrum szolgáltatás, amely regisztráció után, saját spektrumok feltöltését teszi lehetővé, majd ezeken a továbbiakban említett funkciókat alkalmazását. Lehetőség van arra például, hogy az egyedi spektrumok letöltése nélkül azokat de-redshifteljük, normáljuk illetve ezek után kompozit-spektrumokat készítsünk el. Lehetőség van az egyes spektrumvonalak azonosítására, azokra vonal profilt illeszthetünk, és ekvivalens szélességüket határozhatjuk meg. A Filter Service-el való együttműködéssel lehetőség nyílik tetszőleges betöltött spektrumból és filterből szintetikus magnitúdók kiszámolására, így egy-egy szűrőkészlethez azonnal elkészíthetők fotometriai katalógusok. A weben elérhető verziókat számos nemzetközi kutató aktívan használja (<http://voservices.net>). A Filter és Spektrum Service demonstrációja az American Astronomical Society 205th Meeting-en is nagy sikerrel szerepelt valamint a Nemzetközi Virtuális Obszervatórium eredményeit áttekintő eseményen ezt az eszközt hozták fel pozitív példaként a témakörön dolgozó kollégáknak.

Az észleléseknek a spektrum modellekkel való összehasonlítása általában nem könnyű feladat, hisz mind az észlelt és szimulált spektrumok száma több százazres. Numerikusan ez több százezer darab több ezer dimenziós vektor összehasonlítását jelentené. Ennek megkönnyítése érdekében a rendszerbe integráltunk egy Karhunen-Loeve transzformáció

kódot, mely a redukált dimenzióknak köszönhetően ellátja a feladatot és képes pl. a leghasonlóbb spektrumokat gyorsan megtalálni, mely segítségével az észlelt spektrumok galaxisainak fizikai paramétereit kapjuk meg. Ehhez intenzíven támaszkodtunk az adatbázis indexeléshez kifejlesztett keresőfa algoritmusokra [28].

A módszernek elkészítettük egy implementációját és ennek segítségével sikerült kimutatnunk, hogy a szimulációkban elcsúszások találhatók az észlelt spektrumokhoz képest, valószínűleg a por nem pontos modellezése miatt. S. Charlot (akivel intenzív kollaborációt folytatunk, Vince Oliver doktorandusz jelenleg pár hónapot nála tölt Párizsban) csoportja dolgozik a modellek javításán, amely pontosabb csillagspektrum könyvtárat és új por modellt fog tartalmazni. Tanulmányoztuk a galaxis spektrumokban az optikai attenuációs görbét a modell spektrumokban, és összevettük az észlelt spektrumokban elvégzett hasonló tanulmánnyal, mely remélhetőleg hamarosan a modellek további pontosításához, és a galaxisfejlődés jobb megértéséhez járul hozzá [20]. A csillagpopulációk pontosabb megértéséhez kapcsolódik Kerekes Gyöngyi hamarosan elkészülő diplomamunkája, aki a fent már említett BaSel csillagkönyvtár segítségével, a fotometrikus vöröseltolódás becslésre kialakított módszerhez nagyon hasonló módon, megpróbálja az SDSS által észlelt csillagok távolságának és fizikai paramétereinek becslését fotometria alapján.

A Virtuális Obszervatóriumhoz kapcsolódó másik fejlesztésünk az ún. Footprint Service [2,13,24], mely lehetővé teszi, hogy az egyre szaporodó, nagy látószögű égtérképezések észlelési tartományainak éggömbi sokszögeit (footprintjeit) kezelni lehessen, így pl. a közös- vagy együttes lefedettség könnyen megtalálható legyen, stb. Ehhez kapcsolódik részben az a tanulmányunk, melyben különböző katalógusok összepárosításának valószínűségi megfontolásokra támaszkodó korrekt eljárását adjuk meg [35].

Részt vettünk egy vizualizációs eszköz fejlesztésében is, amely a Google Earth-höz hasonlóan egy gömbfelületre vetíti az SDSS 1 millió x 1 millió pixeles égi felvételeit, és hasonlóan lehet rajta mozogni, adaptív módon zoomolni, stb. [9]. Megjegyzem, hogy ez az eszköz motiválta a Google-t, hogy az SDSS adatokra alapozva a Google Sky-t elkészítse, és kollaborátorainkat (A. Connolly és R. Scranton) át is csábította magához.

## **Többdimenziós adatok hatékony indexelése és keresése adatbázisban**

A csillagászati adatbázisok hatékonyabb kereshetősége, indexelése és vizualizálása terén is sikerült új módszereket kifejleszteni és implementálni. A problémát az okozza, hogy azok az algoritmusok, amelyek a számítástudományi szakirodalomban vannak, nem skáláznak egyszerűen, a mi általunk kezelt sokdimenziós nagy adatmennyiségekhez, így azokat módosítani kell. E mellett külön kihívás, hogy a kutatás során az adatokban való összefüggések kereséséhez elengedhetetlen vizualizációt megvalósítsuk olyan esetben, amikor az adatok nem férnek el a video-memóriában. Megoldásként keresőfákat és Voronoi cellázást használunk, az implementációban pedig kihasználjuk az SQL Server új, ún. .NET Common Language Runtime támogatását. Az elkészült rendszer lehetővé tette,

hogyan az SDSS adatbázis 5 dimenziós magnitúdó terét illetve a spektrum-főkomponensek terét felindexeljük és egymáshoz hasonló spektrumokat gyorsan tudjunk keresni. Mivel úgy gondoljuk, hogy hasonló problémák a tudomány más területein is fellépnek, az általunk kifejlesztett technikákat és prototípust bemutattuk az E-Science szakembereknek, adatbázis-kutatóknak valamint csillagászoknak is [15,28,29,30].

Habár a kutatási projektnek szigorúan véve nem része, de az utánpótlás képzés szempontjából kulcsfontosságú, ezért megemlítem, hogy kialakítottunk egy tantárgyat, és már három alkalommal sikeresen meg is tartottuk. Ennek keretében csillagászati adatbázisok (elsősorban SDSS) használatára tanítjuk meg a hallgatókat és megismerkedhetnek a technológia használatának praktikus aspektusaival.

## Egyebek

A fenti közvetlen eredmények mellett számos további közvetett eredménnyel is járt a pályázat. A pályázat feladatain rengeteget dolgoztak a diákok és doktoranduszok, akik ez által szervesen bekapcsolódtak a kutatás folyamatába és a nemzetközi együttműködésekbe. Kocsis Bence és Gáspár Merse Előd részben, Dobos László, Koronczay Dávid teljes mértékben a pályázat témájából írta meg diplomamunkáját és kutatásukat doktoranduszként folytatják. Örömmel jegyzem meg például, hogy Dobos László a Sepektrum Services fejlesztője, akit a konferenciákon számos külföldi kollégának volt lehetősége megismerni és kapott ajánlatokat, hogy doktori tanulmányit külföldön folytassa, mégis az Eötvös Egyetemet választotta. Trencsényi Márton és Kerekes Gyöngyi szintén a pályázat témájából fejezik be heteken belül szakdolgozatukat, és reményeink szerint, kutatási témájukat majd doktoranduszként folytatják, helyükre az idén 4 újabb negyed éves hallgató kapcsolódott be. A doktoranduszok, Purger Norbert, Vince Oliver és Györy Zsuzsanna közel állnak tézisének megírásához.

A pályázat keretében végzett eredményekre intenzíven támaszkodva Frei Zsolt vezetésével, és egy Polányi pályázat támogatásával 2007-ben Haiman Zoltánnal, Márka Szabolccsal és Szapudi Istvánnal közösen megalakítottuk az Eötvös International Research School in Astrophysics-et (EIRSA). Ennek része az Eötvös Gravity Research Group (EGRG), amely csatlakozott a LIGO gravitációshullám-detektor tudományos programjához. Szintén a pályázathoz közvetlenül kapcsolódva, Csabai István lokális koordinátor irányításával részt veszünk egy EU FP6 Marie Curie együttműködésben (Multi-wavelength analysis of galaxy populations) is. Az alapkutatáson túlmutatóan a Virtuális Obszervatórium- és adatbázis technológiák inicializálták az ELTE szélesebb kutatóközössége által elnyert E-Science RET pályázatot [14] és egy együttműködést a Microsoft Research-el, valamint lehetővé tették további kutatás-fejlesztési pályázatokba való bekapcsolódást. Ezek az eredmények különösen fontosak az utóbbi évek - akár jogos akár túlzott de mindenesetre - fokozódó elvárásainak tükrében, hogy a kutatásokból leszűrhető eredmények a társadalom számára közvetlenül is hasznosuljanak. Úgy érezzük, hogy megtettük az első lépéseket, hogy a még oly alapkutatás jellegű témák, mint az extragalaktikus csillagászat és kozmológia is, a tudományos kutatás céljaira kifejlesztett technológiákon keresztül bekapcsolódjon ebbe a folyamatba.

## A pályázat eredményeként létrejött eredmények és közlemények listája

| sorszám | Közleményjegyzék és statisztika  | dokumentum típusa   | impakt faktor | OTKA támogatás feltüntetve? |
|---------|--|---------------------|---------------|-----------------------------|
| 1.      | L. Dobos, T.Budavári, A.S. Szalay, I. Csabai: <b>Spectrum service for the Virtual Observatory</b> ,<br><a href="http://voservices.net/spectrum/">http://voservices.net/spectrum/</a> , 2004  | egyéb               | 0.00          | igen                        |
| 2.      | L. Dobos, T.Budavári, A.S. Szalay, I. Csabai: <b>Filter service for the Virtual Observatory</b> ,<br><a href="http://voservices.net/filter/">http://voservices.net/filter/</a> , 2004  | egyéb               | 0.00          | igen                        |
| 3.      | Quinn, Peter J.; Barnes, David G.; Csabai, István; Cui, Chenzhou; Genova, Françoise; Hanisch, Bob; Kembhavi, Ajit; Kim, Sang Chul; Lawrence, Andrew; Malkov, Oleg; Ohishi, Masatoshi; Pasian, Fabio; Schade: <b>The International Virtual Observatory Alliance: recent technical developments</b> , Ground-based Telescopes. Edited by Oschmann, Jacobus M., Jr. Proceedings of the SPIE, Volume 5493, pp. 137-145, 2004 | konferenciakiadvány | 0.00          | nem                         |
| 4.      | Bence Kocsis, Zoltan Haiman, Zsolt Frei: <b>Can Virialization Shocks be Detected Around Galaxy Clusters Through the Sunyaev-Zel'dovich Effect?</b> , The Astrophysical Journal, 623, 632-649., 2005  | folyóiratcikk       | 3.48          | igen                        |
| 5.      | Bouché, N.; Murphy, M. T.; Péroux, C.; Csabai, I.: <b>Measuring the halo mass of Mg II absorbers from their cross-correlation with Luminous Red Galaxies</b> , Proceedings of the International Astronomical Union, 1: 403-405, 2005   | folyóiratcikk       | 0.31          | igen                        |
| 6.      | I. K. Baldry, K. Glazebrook, T. Budavari, D. J. Eisenstein, J. Annis, N. A. Bahcall, M. R. Blanton, J. Brinkmann, I. Csabai, T. M. Heckman, H. Lin, J. Loveday, R. C. Nichol, D. P. Schneider: <b>The SDSS u-band Galaxy Survey: Luminosity functions and evolution</b> , MNRAS 358 441-456, 2005  | folyóiratcikk       | 4.99          | igen                        |
| 7.      | L. Dobos, I. Csabai, S. Charlot, G. Bruzual, T. Budavári: <b>Bruzual-Charlot spectrum synthesis web service</b> , <a href="http://redshift.elte.hu/bc03ws/execform.aspx">http://redshift.elte.hu/bc03ws/execform.aspx</a> , 2005   | egyéb               | 0.00          | igen                        |
| 8.      | Padmanabhan, Nikhil; Budavári, Tamás; Schlegel, David J.; Bridges, Terry; Brinkmann, Jonathan; Cannon, Russell; Connolly, Andrew J.; Croom, Scott M.; Csabai, István; Drinkwater, Michael; Eisenstein, D: <b>Calibrating photometric redshifts of luminous red galaxies</b> , MNRAS 359 237-250, 2005  | folyóiratcikk       | 4.99          | nem                         |
| 9.      | A. Connolly, S. Krughoff, R. Scranton, I. Csabai: <b>SDSS on WorldWind</b> , <a href="http://www.worldwindcentral.com/wiki/SDSS">http://www.worldwindcentral.com/wiki/SDSS</a> , 2006  | egyéb               | 0.00          | nem                         |
| 10.     | Adelman-McCarthy et al. including T. Budavari, I. Csabai, A.S. Szalay: <b>The Fourth Data Release of the Sloan Digital Sky Survey</b> , The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 162, Issue 1, pp. 38-48, 2006  | folyóiratcikk       | 3.27          | nem                         |
| 11.     | Bouche, N.; Murphy, M. T.; Peroux, C.; Csabai, I.; Wild, V.: <b>Are strong MgII QSO-absorbers the signature of super-winds?</b> , International Astronomical Union. Symposium, 235E 100B, 2006   | konferenciakiadvány | 0.00          | igen                        |
| 12.     |  | folyóiratcikk       | 4.99          | igen                        |



|     |  |                     |      |      |
|-----|--|---------------------|------|------|
|     | Bouché, Nicolas; Murphy, Michael T.; Péroux, Céline; Csabai, István; Wild, Vivienne: <b>New perspectives on strong <math>z \sim 0.5</math> MgII absorbers: are halo mass and equivalent width anticorrelated?</b> , Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 371, Issue 1, pp. 495-512., 2006 |                     |      |      |
| 13. | Budavári, T., Dobos, L., Szalay, A.S., Greene, G., Gray, J., Rots, A.H.: <b>Footprint Services for the Virtual Observatory</b> , <a href="http://voservices.net/footprint/">http://voservices.net/footprint/</a> , 2006  | egyéb               | 0.00 | igen |
| 14. | Csabai István, Pap Gábor: <b>e-Science</b> , Fizikai Szemle, 2006/8, 2006  | folyóiratcikk       | 0.00 | nem  |
| 15. | I. Csabai, M. Trencseni, G. Herczegh, L. Dobos, P. Jozsa, N. Purger, T. Budavari, A. Szalay: <b>Indexing and Visualizing Large Multidimensional Databases</b> , Microsoft Escience Workshop, 2006  | konferenciakiadvány | 0.00 | igen |
| 16. | Kocsis, Bence; Frei, Zsolt; Haiman, Zoltán; Menou, Kristen: <b>Finding the Electromagnetic Counterparts of Cosmological Standard Sirens</b> , The Astrophysical Journal, Volume 637, Issue 1, pp. 27-37., 2006   | folyóiratcikk       | 3.48 | igen |
| 17. | L. Dobos, T. Budavári, I. Csabai, A.S. Szalay: <b>New Features in the Spectrum Services for the Virtual Observatory</b> , Astronomical Data Analysis Software and Systems XV ASP Conference Series, Vol. 351, p. 471, 2006   | konferenciakiadvány | 0.00 | igen |
| 18. | L. Dobos, T. Budavári, I. Csabai, A.S. Szalay: <b>The Virtual Observatory Spectrum Services</b> , International Astronomical Union. Symposium 3E 76D, 2006   | konferenciakiadvány | 0.00 | igen |
| 19. | O. Vince, .: <b>Photometric Redshifts For The SDSS Data Release 5</b> , International Astronomical Union. Symposium 3E 40P, 2006   | konferenciakiadvány | 0.00 | igen |
| 20. | O. Vince, S. Charlot, T. Heckman, C. Tremonti, I. Csabai: <b>New Insight Into the Dust Content of Galaxies Based on the Analysis of the Optical Attenuation Curve</b> , Multiwavelength Analysis of Galaxy Populations Workshop, La Palma, 2006  | konferenciakiadvány | 0.00 | igen |
| 21. | Purger, N.; Csabai, I.; Budavári, T.: <b>Casjobs Mirror for SDSS Data Release 5</b> , <a href="http://amd1.colbud.hu/sdssjobs/">http://amd1.colbud.hu/sdssjobs/</a> , 2006   | egyéb               | 0.00 | igen |
| 22. | Adelman-McCarthy et al. including T. Budavari, I. Csabai, A.S. Szalay: <b>The Fifth Data Release of the Sloan Digital Sky Survey</b> , The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 172, Issue 2, pp. 634-644., 2007  | folyóiratcikk       | 3.27 | nem  |
| 23. | Bouche, N.; Murphy, M. T.; Peroux, C.; Csabai, I.; Wild, V.: <b>Catalogue of 1806 MgII absorbers from SDSS DR3</b> , SIMBAD, 2007  | egyéb               | 0.00 | nem  |
| 24. | Budavári, T., Dobos, L., Szalay, A.S., Greene, G., Gray, J., Rots, A.H.: <b>Footprint Services for Everyone</b> , Astronomical Data Analysis Software and Systems XVI ASP Conference Series, Vol. 376,, 2007   | konferenciakiadvány | 0.00 | igen |
| 25. | Csabai István: <b>Galaxisok fotometriai terének vizsgálata</b> , MTA doktori disszertáció, 2007  | egyéb               | 0.00 | igen |
| 26. | Csabai István, Purger Norbert, Dobos László, Szalay Sándor, Budavári Tamás: <b>Az univerzum szerkezete</b> , Fizikai Szemle, 2007/12, 2007   | folyóiratcikk       | 0.00 | igen |
| 27. | Dobos László: <b>Galaxis spektrumok feldolgozása és analízise</b> , ELTE, Diplomamunka, 2007   | egyéb               | 0.00 | igen |

|     |  |                     |      |      |
|-----|--|---------------------|------|------|
| 28. | Dobos, L.; Csabai, I.; Trencsényi, M.; Herczegh, G.; Józsa, P.; Purger, N.: <b>Spatial Indexing and Visualization of Large Multi-Dimensional Databases</b> , Astronomical Data Analysis Software and Systems XVI ASP Conference Series, Vol. 376, 2007             | konferenciakiadvány | 0.00 | igen |
| 29. | I. Csabai, L. Dobos, M. Trencseni, G. Herczegh, P. Jozsa, N. Purger, T. Budavari, A. Szalay: <b>Multidimensional indexing tools for the virtual observatory</b> , Astronomische Nachrichten, Vol.328, Issue 8, p.852, 2007   | folyóiratcikk       | 0.87 | igen |
| 30. | I. Csabai, M. Trencseni, G. Herczegh, L. Dobos, P. Jozsa, N. Purger, T. Budavari, A. Szalay: <b>Spatial Indexing of Large Multidimensional Databases</b> , Conference on Innovative Data Systems Research, 2007  | folyóiratcikk       | 0.00 | igen |
| 31. | Kocsis, Bence; Haiman, Zoltán; Menou, Kristen; Frei, Zsolt: <b>Premier localization of gravitational-wave standard sirens with LISA: Harmonic mode decomposition</b> , Physical Review D, vol. 76, Issue 2, id. 022003, 2007                                       | folyóiratcikk       | 3.35 | igen |
| 32. | Koronczy Dávid: <b>SDSS fényes vörös galaxisok tanulmányozása</b> , ELTE, Diplomamunka, 2007   | egyéb               | 0.00 | igen |
| 33. | L. Dobos, T. Budavári, I. Csabai, A.S. Szalay: <b>Spectrum and Filter Services for the VO</b> , The National Virtual Observatory, Eds. M.J. Graham, M.J. Fitzpatrick and T.A. McGlynn, ASP Conference Series, Chapter X, 2007                                      | könyvfejezet        | 0.00 | igen |
| 34. | O. Vince, I. Csabai: <b>Toward more precise photometric redshift estimation</b> , Stellar Populations as Building Blocks of Galaxies, Proceedings of IAU Symposium #241. Edited by A. Vazdekis and R. F. Peletier. Cambridge: Cambridge University Press, 20, 2007 | konferenciakiadvány | 0.00 | igen |
| 35. | Budavari, Tamas; Szalay, Alexander S.: <b>Probabilistic Cross-Identification of Astronomical Sources</b> , Accepted for Astrophysical Journal, 2008  | folyóiratcikk       | 3.48 | igen |
| 36. | Gáspár, M. E.; Haiman, Z.; Frei, Z.: <b>Mass Function of Remnant Black Holes in Nearby Galaxies</b> , Relativistic Astrophysics Legacy and Cosmology - Einstein's, ESO Astrophysics Symposia, Volume, 2008   | konferenciakiadvány | 0.00 | igen |
| 37. | Kocsis, B.; Frei, Z.; Haiman, Z.; Menou, K.: <b>Finding the Electromagnetic Counterparts of Standard Sirens</b> , Relativistic Astrophysics Legacy and Cosmology - Einstein's, ESO Astrophysics Symposia, Volume, 2008   | konferenciakiadvány | 0.00 | igen |
| 38. | Kocsis, B.; Haiman, Z.; Frei, Z.: <b>Detecting Virialization Shocks Around Galaxy Clusters Through the SZ Effect</b> , Relativistic Astrophysics Legacy and Cosmology - Einstein's, ESO Astrophysics Symposia, Volume, 2008  | konferenciakiadvány | 0.00 | igen |
| 39. | Z. Györy, A.S. Szalay, T. Budavári and I. Csabai: <b>Principal component analysis of nebular emission lines</b> , submitted to AJ, 2008  | folyóiratcikk       | 0.00 | igen |